

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

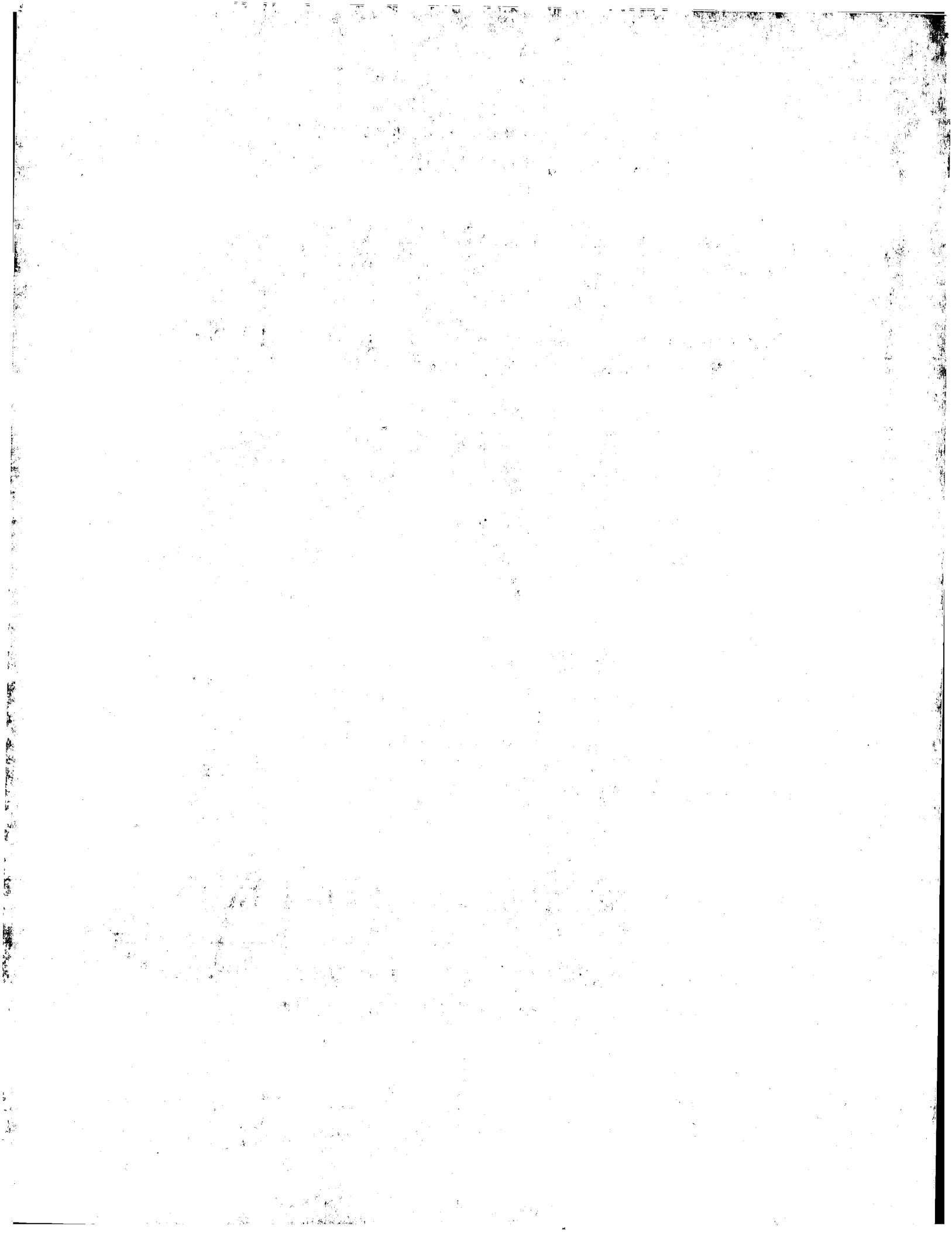
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. Januar 2001 (04.01.2001)

PCT

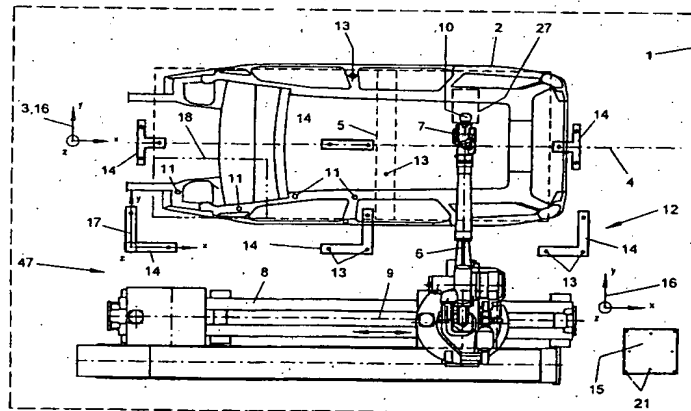
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/00370 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B25J 9/16** 200 03 381.6 24. Februar 2000 (24.02.2000) DE
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/05175 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH [DE/DE]; Blücherstrasse 144, D-86165 Augsburg (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 6. Juni 2000 (06.06.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ROOS, Eberhard [DE/DE]; Gärtnerweg 13, D-86316 Friedberg (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Anwälte: ERNICKE, Hans-Dieter usw.; Schwibbogenplatz 2b, D-86153 Augsburg (DE).
- (30) Angaben zur Priorität:  
299 11 187.3 26. Juni 1999 (26.06.1999) DE  
199 31 676.7 8. Juli 1999 (08.07.1999) DE (81) Bestimmungsstaat (national): US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CALIBRATING ROBOT MEASURING STATIONS, MANIPULATORS AND ASSOCIATED OPTICAL MEASURING DEVICES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KALIBRIEREN VON ROBOTHERMESSSTATIONEN, MANIPULATOREN UND MITGEFÜHRTEN OPTISCHEN MESSEINRICHTUNGEN



WO 01/00370 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method and device for multistage calibration of multiple -axis measuring robots (6) and associated optical measuring devices (10), especially 3D sensors, in a measuring station (1) for workpieces (2), preferably the bodyshells of motor vehicles. Calibration occurs in a measuring cascade comprising at least three calibrating steps, whereby the optical measuring device (10) and the operating point (28) thereof, the manipulator (6) and the axes thereof and the allocation of the manipulator (6) with respect to the workpiece (2) are successively calibrated. The calibration device (47) comprises a control and a calibration system (27) for the operating point (28), a calibration body (15) for the axes of the manipulator and a calibration device (12) for the allocation of the manipulator with respect to the workpiece.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum mehrstufigen Kalibrieren von mehrachsigen Messrobotern (6), und mitgeführten optischen Messeinrichtungen (10), insbesondere 3 D-Sensoren, innerhalb einer Messstation (1) für Werkstücke (2),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

- *Mit internationalem Recherchenbericht.*
- *Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.*

bei denen es sich vorzugsweise um Fahrzeugrohkarosserien handelt. Die Kalibrierung wird in einer Messkaskade mit mindestens drei Kalibrierschritten durchgeführt, wobei nacheinander die optische Messeinrichtung (10) mit ihrem Arbeitspunkt (28), der Manipulator (6) mit seinen Achsen und dann die Zuordnung des Manipulators (6) zum Werkstück (2) kalibriert werden. Hierfür umfasst die Kalibriervorrichtung (47) eine Prüf- und Kalibriereinrichtung (27) für den Arbeitspunkt (28), einen Kalibrierkörper (15) für die Manipulatorachsen und eine Kalibriereinrichtung (12) für die Zuordnung Manipulator/Werkstück.

## BESCHREIBUNG

Verfahren und Vorrichtung zum Kalibrieren von  
Robotertermessstationen, Manipulatoren und mitgeführten  
5 optischen Messeinrichtungen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung  
zum Kalibrieren von Robotertermessstationen, Manipulatoren  
10 und mitgeführten optischen Messeinrichtungen mit den  
Merkmale im Oberbegriff des Verfahrens- und  
Vorrichtungshauptanspruches.

Aus der Praxis sind Roboter-Messstationen für Werkstücke,  
15 insbesondere für Fahrzeugrohkarosserien bekannt, in denen  
ein oder mehrere mehrachsige Messroboter mit optischen  
Messeinrichtungen, z.B. mit 3-D-Sensoren, ausgerüstet  
sind. Bei den bekannten Messstationen und deren  
Messeinrichtungen besteht ein erhebliches  
20 Kalibrierproblem. Üblicherweise wird nur der Messroboter  
mit seinen Achsen kalibriert, indem der mit einem  
geeigneten Kalibrierwerkzeug, das zu diesem Zweck gegen  
die optische Messeinrichtung getauscht wird, geeignete  
Prüfkörper, z. B. Kugeln mit bekannter Position anfährt.  
25 Auch die Kalibrierung der ein- oder mehrachsigen optischen  
Messeinrichtung ist schwierig. Sie besitzt einen  
definierten Arbeitspunkt, der im Roboterprogramm als  
Tool-Center-Point (abgekürzt TCP) oder als  
Tool-Coordinate-System (abgekürzt TCS) bezeichnet wird.  
30 Solche ein- oder mehrachsigen optischen Messeinrichtungen  
können sogenannten 3-D-Sensoren, Messkameras oder  
dergleichen sein. Bei solchen optischen Messwerkzeugen ist  
der Arbeitspunkt unsichtbar und kann nicht ohne weiteres  
messtechnisch ermittelt werden. Darüber hinaus  
35 unterscheiden sich alle optischen Sensoren insofern  
voneinander, als sie alle ein unterschiedliches  
Sensor-Koordinatensystem haben. Dies ist zum einen

systembedingt und zum anderen auch herstellungsbedingt. Selbst bei gleichen Sensortypen kann das Sensor-Koordinatensystem variieren. Hierdurch sind die Messsensoren nicht untereinander ohne weiteres austauschbar. Wenn im Falle eines Sensor-Defektes ein Austausch erforderlich ist, müssen alle Arbeitspunkte im Roboterprogramm überprüft und ggf. einzeln in einem Kalibriervorgang korrigiert werden. Hierunter leidet die technische Verfügbarkeit der Messstation. Auch die Prozesssicherheit ist nicht mehr gewährleistet.

Vor dem Messbetrieb wird der Messroboter einmalig in der vorbeschriebenen Weise kalibriert, wobei seine Achsenfehler ermittelt und in den Maschinendaten bzw. der Steuerung kompensiert werden. Darüber hinaus erfolgt eine einmalige Ausrichtung in Bezug auf das Werkstück z.B. durch Vermessung mit einem übergeordneten Messsystem. Bei der Vermessung geht man davon aus, dass der einmalige Einrichtvorgang genügt und der Messroboter dann eine hinreichende Messgenauigkeit in seinem gesamten Arbeitsraum hat. Die erzielbare Messpräzision und die absolute Genauigkeit ist in der Praxis jedoch beschränkt und unterliegt Fehlereinflüssen, die sich während des Betriebes über längere Zeiträume einstellen und z. B. auf wärmeabhängige Veränderungen der Robotergeometrie oder auch Verschleiß zurückzuführen sind. Die erzielbare Messpräzision kann durch eine einmalige Justierung oder Kalibrierung nicht gewährleistet werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein besseres Verfahren nebst Vorrichtung zum Kalibrieren aufzuzeigen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrens- und Vorrichtungshauptanspruch.

Die Kalibrierung in der Messkaskade mit mindestens drei Kalibrierschritten hat den Vorteil, dass zum einen die

Kalibrier- und Messgenauigkeit wesentlich erhöht wird. In den einzelnen Kalibrierschritten ist eine Genauigkeit von ca. 0,05 mm erreichbar, woraus sich eine Gesamtgenauigkeit von ca. 0,1 mm für das gesamte aus Manipulator und optischer Messeinrichtung bestehende Messsystem ergibt. Bei der mehrstufigen Kalibrierung können eventuelle Fehler sicher erkannt und gezielt bestimmten Fehlerursachen zugeordnet werden. Dies erlaubt eine gezielte Fehlerbehebung und die vorerwähnte Steigerung der Genauigkeit.

Mit der Messkaskade ist auch eine gezielte Eingrenzung der Fehlerursachen möglich. Hierfür ist es sinnvoll, wenn der erste Kalibrierschritt die optische Messeinrichtung mit ihrem Arbeitspunkt betrifft. Bei dieser Kalibrierung werden andere Fehlerursachen, die vom Manipulator oder Messroboter bzw. von der Messstation stammen, ausgeschaltet. Im zweiten Schritt wird vorzugsweise der Manipulator oder Messroboter mit seinen Achsen kalibriert. Durch das vorher bereits kalibrierte optische Messwerkzeug kann die Achskalibrierung des Roboters mit diesem optischen Messwerkzeug durchgeführt werden. Fehlereinflüsse vom optischen Messwerkzeug sind dabei ausgeschlossen. Auch die Messstation hat keinen Einfluss. Der dritte Kalibrierschritt betrifft vorzugsweise die Stations- oder Zellengeometrieprüfung und die Zuordnung des Messroboters zum Werkstück bzw. zur Werkstückaufnahme. Die ersten beiden Kalibrierschritte erlauben es, diese Zellengeometrieprüfung mit dem Messroboter und seiner optischen Messeinrichtung durchzuführen. Auf eine zusätzliche und aufwendige externe Vermessung kann verzichtet werden. Die vorherigen zwei Kalibrierschritte bieten hierbei eine hohe Genauigkeit auch für den dritten Kalibrierschritt.

Von besonderem Vorteil ist der Umstand, dass die dreistufige Kalibrierung mit der Messkaskade nicht nur einmal zu Beginn bei der Einrichtung der Messstation, sondern auch zu beliebigen Zeitpunkten während des Messbetriebes durchgeführt werden kann. Die Kalibrierung ist einfach, wenig zeitaufwendig und erfordert nur einen geringen Bauaufwand. Durch die jederzeit bestehende Kalibriermöglichkeit ist die Prozesssicherheit einer Robotermeßstation erstmalig in ausreichendem Maße gewährleistet. Insbesondere ist hierdurch auch die Prozessfähigkeit in ausreichendem Maße gegeben. Dies ist besonders auf Grund der immer stärker steigenden Genauigkeitsanforderungen an die Qualität von Werkstücken und insbesondere von Fahrzeugkarosserien wichtig.

Durch die hohe Mess- und Kalibriergenauigkeit sowie den geringen Bau- und Zeitaufwand können Werkstückvermessungen häufiger durchgeführt werden. Eine Vermessung kann dadurch nicht erst an der fertigen Fahrzeugkarosserie, sondern auch einige Schritte vorher bei der Bauteilfertigung stattfinden, so dass Fehler und Ausschuss schon frühzeitig erkannt und behoben werden können. Insbesondere lassen sich hierdurch auch Fehlerursachen bei den Werkstücken oder Bauteilen besser zuordnen und leichter und gezielter beheben. Zudem können durch den geringen Zeitaufwand Werkstück- oder Bauteilvermessungen häufiger und an einer größeren Zahl von Werkstücken oder Bauteilen durchgeführt werden.

Weitere Vorteile bestehen in der Möglichkeit, die Kalibrierung durch Mechaniker oder Werker ohne besondere messtechnische Fachkenntnisse und ohne spezielle und aufwendige numerische Optimierungsprogramme durchführen zu lassen. Bei Robotermeßstationen besteht ferner die Möglichkeit für eine konsequente Realisierung der CAD-/CAM-Prozesskette zur Durchführung der Messung mit Messroboter in Verbindung mit einem Datensatz. Ohne einen



genau definierten TCP ist nur eine Vergleichsmessung auf ein Musterwerkstück, insbesondere eine Musterkarosserie, möglich. Außerdem erlaubt die Erfindung den Schritt von der reinen Prozessüberwachung in der Fertigung (d. h. der Prüfung, ob ein Bauteil in Ordnung oder nicht in Ordnung ist) zum Roboter gestützten Messen beliebig komplexer Werkstücke oder Bauteile.

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung und der bevorzugten Verfahrensschritte sowie der Komponenten der mehrstufigen Kalibriervorrichtung angegeben.

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im einzelnen zeigen:

- 5           Figur 1:           eine Draufsicht auf eine Bearbeitungs-  
                              bzw. Vermessungsstation mit einem  
                              Messroboter, einer optischen  
                              Messeinrichtung und einer Einrichtung zur  
                              mehrstufigen Kalibrierung dieser  
10                           Komponenten,  
  
          Figur 2:           den Messroboter mit einem Kalibrierkörper  
                              in Seitenansicht,  
  
          Figur 3 und 4:   den Kalibrierkörper in Seitenansicht und  
15                           geklappter Draufsicht,  
  
          Figur 5 und 6:   eine Variante des Kalibrierkörpers von  
                              Figur 3 und 4 in Seitenansicht und  
                              geklappter Draufsicht,  
20                             
  
          Figur 7:           eine perspektivische Ansicht des  
                              Messroboters mit der optischen  
                              Messeinrichtung und einer Prüfeinrichtung  
                              für die Kalibrierung des Arbeitspunktes,  
25                             
  
          Figur 8:           eine Seitenansicht der Prüfeinrichtung von  
                              Figur 7,  
  
          Figur 9:           eine geklappte Draufsicht auf die  
30                           Prüfeinrichtung von Figur 8 gemäß Pfeil  
                              IX,  
  
          Figur 10:          eine vergrößerte Ausschnittsdarstellung  
                              der Anordnung von Figur 8,  
35

Figur 11: eine Frontansicht der Prüfeinrichtung  
gemäß Pfeil XI von Figur 8 und

Figur 12: eine schräg von hinten gesehene  
perspektivische Ansicht der  
Prüfeinrichtung von Figur 8 bis 11.

Die in Figur 1 dargestellte Bearbeitungs- oder Messstation  
(1) dient zur Vermessung von beliebigen Werkstücken (2).  
Vorzugsweise handelt es sich hierbei um die in der  
Zeichnung dargestellten Fahrzeugrohkarosserien und deren  
Bauteile, die beispielsweise entlang einer Transferlinie  
(4) in die Messstation (1) gebracht und wieder  
abtransportiert werden. Die Messstation (1) kann als  
eigenständige Station ausgebildet sein. Sie kann aber auch  
in eine Bearbeitungs- oder Fertigungsstation integriert  
sein, wobei die Vermessung während oder am Ende des  
Fertigungsvorganges stattfindet.

Die Vermessung erfolgt über einen mehrachsigen  
Manipulator, vorzugsweise einen Messroboter (6), der  
beliebig ausgebildet sein kann. Im gezeigten  
Ausführungsbeispiel besitzt er sechs rotatorische Achsen.  
Er kann zusätzlich noch ein oder mehrere translatorische  
Achsen haben, z.B. eine weitere Fahrachse (9). Im  
gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Messroboter (6) auf  
einer Lineareinheit (8) montiert und kann mit dieser  
translatorisch entlang der Achse (9) gegenüber dem  
Werkstück (2) vor- und zurückbewegt werden. Die Fahrachse  
(9) beziehungsweise Lineareinheit (8) sind dabei  
vorzugsweise parallel zur Transferlinie (4) ausgerichtet.  
Über die ein oder mehreren Fahrachsen (9) wird der  
Arbeitsbereich des Messroboters (6) vergrößert.

In Figur 1 ist der Übersichtlichkeit wegen nur ein Messroboter (6) dargestellt. Ein zweiter Messroboter (6) in gleicher oder in ähnlicher Ausbildung kann auf der gegenüberliegenden Seite angeordnet sein. Zudem können  
5 noch weitere Messroboter oder Manipulatoren (6) vorhanden sein.

Der einzelne Messroboter (6) trägt an seiner Roboterhand (7) ein geeignetes Messwerkzeug, das direkt angeflanscht  
10 ist oder über eine Wechselkupplung mit der Roboterhand (7) verbunden ist. Hierbei handelt es sich vorzugsweise um eine optische Messeinrichtung (10), z.B. einen sogenannten 3D-Sensor oder eine Messkamera mit drei kartesischen translatorischen Messachsen. Hierdurch können Messpunkte  
15 (11) oder Messobjekte an der Fahrzeugrohkarosserie oder an einem anderen Werkstück (2) dreidimensional vermessen werden. Die optische Messeinrichtung (10) kann bei Integration der Vermessung in den Fertigungsablauf gegebenenfalls gegen ein anderes Werkzeug getauscht  
20 werden.

Der Messroboter (6) besitzt eine Steuerung (20) mit einer Recheneinheit, in der die für die Vermessung erforderlichen Berechnungen durchgeführt werden. In der  
25 Steuerung können auch die Kalibrierberechnungen mit bekannten Algorithmen durchgeführt werden. Der 3D-Sensor (10) ist über eine Leitung mit der Steuerung (20) verbunden.

30 Das Werkstück (2) ist auf einem Werkstückträger (5), z.B. einem sogenannten Skid für Fahrzeugkarosserien, angeordnet und wird mit diesem entlang der Transferlinie (4) bewegt. Am Werkstück (2) befinden sich ein oder mehrere definierte Messpunkte (11), die für die Werkstückgeometrie relevant  
35 sind und die eine bestimmte räumliche Position haben müssen. Bei der gezeigten Fahrzeugkarosserie (2) sind dies z.B. Bohrungen, Buckel, Kanten oder dgl. an bestimmten

Stellen der Karosserie. Hierbei kann es sich auch um Karosseriebezugspunkte handeln, die in einer definierten Beziehung zu einem Fahrzeug-Koordinatensystem (3) stehen. Vor und während der Vermessungen der Werkstücke (2) kann  
5 der Messroboter (6) mit seinem 3-D-Sensor (10) mittels einer mehrstufigen Kalibriervorrichtung (47) in einer Messkaskade mit mindestens drei Kalibrierschritten kalibriert werden. Hierbei werden nacheinander die optische Messeinrichtung (10) mit ihrem Arbeitspunkt (28),  
10 der Manipulator (6) mit seinen Achsen und dann die Zuordnung des Manipulators (6) zum Werkstück (2) kalibriert. Die mehrstufige Kalibriervorrichtung (47) besteht aus einer Prüfeinrichtung (27) zur Kalibrierung der optischen Messeinrichtung (10), einem Kalibrierkörper  
15 (15) zur Kalibrierung des Manipulators (6) und seiner Achsen und einer Kalibriereinrichtung (12) zur Kalibrierung der Zuordnung zwischen Manipulator (6) und Werkstück (2).

20 Durch die mehrstufige und hierarchisch gegliederte Kalibrierung können Fehler ursachenbezogen erkannt und gezielt behoben werden. Hierdurch lässt sich die Gesamtgenauigkeit der aus Messroboter (6) und optischer Messeinrichtung (10) bestehenden Messeinheit auf 0,1 mm  
25 steigern. Diese Kalibrierung dient der Sicherstellung der Prozesssicherheit der Messstation (1) und der Messgenauigkeit des von Messroboter (6), optischer Messeinrichtung (10) und Stationsumgebung gebildeten Gesamtsystems.

30 Wird im Messbetrieb am Werkstück (2) eine Toleranzüberschreitung festgestellt, kann mit der nachfolgend näher beschriebenen mehrstufigen Kalibrierung vor Ort sofort die Messgenauigkeit überprüft und damit die  
35 Ursache der im Messbetrieb aufgetretenen Messabweichung verifiziert werden. Es kann sofort festgestellt werden, ob der Messfehler auf einen Fehler am Werkstück (2)

zurückzuführen ist oder seine Ursache im Messsystem hat.  
Die Kalibrierung kann darüber hinaus auch in bestimmten  
Abständen oder auch regellos durchgeführt werden, um im  
eingangs genannten Sinne die Prozesssicherheit bzw. die  
5 Prozessfähigkeit sicherzustellen.

Der erste Kalibrierschritt betrifft die optische  
Messeinrichtung. Diese hat einen Arbeitspunkt (28) oder  
sogenannten Tool-Center-Point (abgekürzt TCP), der sich in  
10 Messrichtung (19) mit einem bestimmten Abstand vor der  
optischen Messeinrichtung (10) befindet. Zum Vermessen des  
Werkstückes bewegt der Messroboter (6) die optische  
Messeinrichtung (10) mit ihrem Arbeitspunkt (28) an die zu  
vermessenden Stellen und tastet dort die Messpunkte (11)  
15 optisch ab. Hierbei wird der Messpunkt (11)  
dreidimensional vermessen und mit seinen Koordinaten in  
einem beliebig geeigneten Koordinatensystem, z. B. einem  
Fahrzeug-Koordinatensystem (3) angezeigt. Die Koordinaten  
des Arbeitspunktes (28) sind üblicherweise im  
20 Flanschkoordinatensystem des Messroboters (6) bestimmt.  
Bei der Vermessung des Werkstückes (2) werden die  
Bahnkoordinaten des Messroboters (6) und die  
Arbeitspunkt-Koordinaten aufgenommen und ggf. entsprechend  
transformiert. Der Messroboter (6) führt die Vermessungen  
25 üblicherweise unter Bezug auf sein Basis-Koordinatensystem  
oder auf ein World-Koordinatensystem (16) der Messstation  
(1) durch. Die hierauf bezogenen Koordinaten der  
Messpunkte (11) werden dann in die Koordinaten des  
Fahrzeug-Koordinatensystems (3) umgerechnet. In der Praxis  
30 werden häufig das World-Koordinatensystem (16) und das  
Fahrzeug-Koordinatensystem (3) zusammengelegt.

Die optische Messeinrichtung (10) ist mit genau  
definierter Position und Ausrichtung in einem beliebig  
35 ausgebildeten Gestell (31) untergebracht, welches mittels  
einer rückwärtigen Anschlussplatte (30) an einem  
Adapterflansch (29) der Roboterhand (7) montierbar ist.

Das Gestell (31) kann ein Gehäuse (46) aufweisen, das die Messeinrichtung (10) schützend umgibt. Für die Kabelverbindung kann ein Leitungshalter (45) am Gestell (31) vorhanden sein. Die optische Messeinrichtung (10) ist z.B. schräg am Gestell (31) angeordnet, so dass ihre Messrichtung (19) schräg zur Mittelachse der Anschlussplatte (30) und des Adapterflansches (29) verläuft.

Die optische Messeinrichtung (10) ist mit einer nicht dargestellten Auswerte- und Anzeigeeinheit verbunden, wobei die Messdaten einerseits in eine Prozess- und Robotersteuerung eingegeben werden und andererseits auch an einer geeigneten Anzeige, z.B. an einem Monitor zur Darstellung gebracht werden. Hierbei kann der Bediener auch bei geeigneter Ausbildung der Messeinrichtung (10) ein Bild des gerade abgetasteten und vermessenen Werkstückbereichs sehen. Die optische Messeinrichtung (10) kann hierbei ein Fadenkreuz oder eine andere Zielmarkierung am Monitor abbilden, die den Arbeitspunkt (28) oder TCP markiert. Über den Monitor kann der Bediener außerdem den Messroboter (6) mit der Messeinrichtung (10) von Hand steuern und so die Messeinrichtung (10) mit ihrem Arbeitspunkt (28) an die gewünschte Stelle bringen und den Arbeitspunkt (28) mit dem gesuchten Messpunkt (11) am Werkstück in Deckung bringen. Der Monitor mit der Visier- oder Zielanzeige kann auch für die nachfolgend näher erläuterte Prüfeinrichtung (27) verwendet werden.

Die Prüfeinrichtung (27) besteht aus einem Halter (32), der ein Referenzmuster (33) trägt, welches vorzugsweise nach Art und Größe den Messpunkten (11) oder Messobjekten entspricht, die der Messroboter (6) üblicherweise in der Messstation (1) anmisst. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Referenzmuster (33) eine Bohrung in einer Musterplatte (34). Es kann sich alternativ auch um einen Buckel, einen Kegel, eine Kante oder dergleichen handeln.

Die Prüfeinrichtung (27) beinhaltet ferner noch eine Stelleinrichtung (35), mit der eine Relativverstellung zwischen dem Referenzmuster (33) und der optischen Messeinrichtung (10) möglich ist. In der gezeigten Ausführungsform ist die Stelleinrichtung (35) dem Halter (32) zugeordnet. Die Stelleinrichtung (35) hat vorzugsweise mindestens so viele Stellachsen (39,40,41) wie die optische Messeinrichtung (10) optische Messachsen hat. Die Stellachsen (39,40,41) und die optischen Messachsen sind außerdem in gleicher Weise ausgerichtet und orientiert.

Der Halter (32) bringt für den Prüf- und Kalibriervorgang das Referenzmuster (33) temporär an den Arbeitspunkt (28) vor der optischen Messeinrichtung (10). Für den normalen Messbetrieb muss das Referenzmuster (33) dann wieder entfernt werden. Zu diesem Zweck kann der Halter (32) entweder lösbar oder zwischen einer Ruhe- und einer Prüfposition hin- und herbeweglich am Gestell (31) der Messeinrichtung (10) angeordnet bzw. gelagert sein. In der in Figur 7 gezeigten Prüfposition nimmt der Halter (32) eine genau definierte Lage gegenüber dem Gestell (31) ein. In der gezeigten Ausführungsform ist der Halter (32) lösbar angeordnet und besitzt eine entsprechende Befestigung (36) zur genauen Positionierung am Gestell (31).

Der Halter (32) hat einen Längsarm (37), der sich im wesentlichen parallel zur Längsachse des Gestells (31) bzw. zur Messrichtung (19) erstreckt. Der Längsarm (37) ragt in Messrichtung (19) ein Stück über das Gestell (31) und die optische Messeinrichtung (10). Am vorderen Ende befindet sich ein Querarm (38), der vorzugsweise senkrecht zum Längsarm (37) angeordnet ist. Der Winkel hängt von der Lage und Ausrichtung der optischen Messachsen und Gestellachsen (39,40,41) ab.



Die dem Halter (32) zugeordnete Stelleinrichtung (35) besteht aus mehreren Stellschlitten (42), die bei der gezeigten Ausführungsform in drei kartesischen Stellachsen (39,40,41) gegeneinander beweglich sind. Figur 8 und 10 zeigen hierzu die näheren Einzelheiten.

Der Querarm (38) ist an einem Stellschlitten (42) befestigt, der am Längsarm (37) in Z-Richtung mit der Stellachse (41) verschieblich gelagert ist. Die Stellachse (41) bzw. die Z-Achse erstreckt sich längs der Messrichtung (19) und bestimmt den Abstand des Arbeitspunktes (28) von der optischen Messeinrichtung (10). Der Stellschlitten (42) ist in einer entsprechenden Führung (nicht dargestellt) exakt in Richtung der Z-Achse geführt und kann über eine Fixiereinrichtung (44), z.B. über zwei Spannschrauben, an der gewünschten Position fixiert werden.

Am Querarm (38) ist ein weiterer Stellschlitten (42) verschieblich und mit genauer Führung gelagert, der sich in Richtung der Stellachse (39) bzw. der X-Achse quer gegenüber der Messrichtung (19) bewegen kann. Auch hier ist eine geeignete Fixiereinrichtung (44) mit Spannschrauben oder dergleichen vorhanden.

Der dritte Stellschlitten (42) wird von der Musterplatte (34) mit dem Referenzmuster (33) gebildet und ist auf dem in der X-Achse verschieblichen Stellschlitten (42) am Querarm (38) querverschieblich gelagert. Die Musterplatte (34) bzw. der hierdurch gebildete Stellschlitten (42) kann in Richtung der Stellachse (40) bzw. der Y-Achse quer zur Messrichtung (19) bewegt werden. Die Musterplatte (34) wird hierbei über seitliche Führungen (43) exakt in Achsrichtung geführt und über eine Fixiereinrichtung (44) mit Spannschrauben oder dergleichen befestigt. Die Spannschrauben (44) können in stellachsp parallelen

Langlöchern durch den jeweiligen Stellschlitten (42) greifen.

Für die erstmalige Justierung oder Kalibrierung der Prüfeinrichtung (27) wird zunächst der Halter (32) am Gestell (31) montiert und anschließend das Referenzmuster (33) durch Verschiebung der Stellschlitten (42) in den drei Stellachsen (39,40,41) an die Position des Arbeitspunktes (28) der optischen Messeinrichtung (10) gebracht. Die Schlittenverstellung kann optisch in der vorbeschriebenen Weise über den Monitor kontrolliert werden, indem das Referenzmuster (33) mit der Zielanzeige bzw. dem Fadenkreuz der optischen Messeinrichtung (10) zur Deckung gebracht wird. Die Kontrolle kann aber auch auf andere Weise erfolgen. In der korrekten Position werden dann die Stellschlitten (42) über die Fixiereinrichtung (44) dauerhaft fixiert. Das Gestell (31) mit der optischen Messeinrichtung (10) und der angebauten Prüfeinrichtung (27) kann dann auf einer geeigneten Messmaschine, z.B. einer Koordinatenmessmaschine genau vermessen werden, wobei die Koordinaten des Arbeitspunktes oder TCP (28) bezogen auf das Flanschkoordinatensystem der Roboterhand (7) oder auf ein anderes geeignetes Koordinatensystem genau vermessen und bestimmt werden. Die TCP-Koordinaten können dann mittels einer Plakette oder dergleichen am Gestell (31) und an der Prüfeinrichtung (27) vermerkt werden. Nach der Justierung und Vermessung kann die Prüfeinrichtung (27) abgebaut und beiseite gelegt werden. Die gemessenen TCP-Koordinaten werden in die Robotersteuerung eingegeben. Danach kann der normale Messbetrieb aufgenommen werden.

Für die Gewährleistung der Prozesssicherheit ist es wichtig, die Messeinrichtung (10) und die Lage des Arbeitspunktes (28) bei den vorgenannten Anlässen zu überprüfen und eventuell nachzukalibrieren. Eine solche Überprüfung findet auch bei eventuellen Kollisionen des

Messroboters (6) statt. In diesem Fall wird die Prüfeinrichtung (27) mit dem Halter (32) an das Gestell (31) lagegenau montiert. Das fixierte Referenzmuster (33) befindet sich an der Soll-Position des Arbeitspunktes (28). Durch optischen Vergleich oder auch durch Messvergleich bei Betätigung der Messeinrichtung (10) kann festgestellt werden, ob die Ist-Lage des Arbeitspunktes (28) noch mit der eingemessenen Soll-Position übereinstimmt. Wenn nicht, ist eine Nachjustierung in der vorbeschriebenen Weise und eine Neuvermessung erforderlich.

In ähnlicher Weise wird vorgegangen, wenn bei einem Schaden oder aus anderen Gründen die optische Messeinrichtung (10) ausgetauscht werden muss. Die neue Messeinrichtung (10) hat in der Regel einen anderen Arbeitspunkt (28). Nach dem Tausch ist wiederum der vorbeschriebene Justiervorgang mit der nachfolgenden Vermessung und Bestimmung der TCP-Koordinaten durchzuführen. Bei den vorgenannten Nachjustierungen werden dann jeweils die Stellschlitten (42) und das Referenzmuster (33) in der neuen Soll-Lage fixiert. Die verstellte Prüfeinrichtung (27) kann dann wieder abgenommen und für spätere Überprüfungen eingelagert werden. Hierbei wird ihre Zuordnung zu der optischen Messeinrichtung (10) und dem Gestell (31) vermerkt.

In der genannten Weise kann auch für einen schnellen Gerätetausch im Fall von größeren Schäden und Kollisionen eine zweite optische Messeinrichtung (10) nebst Gestell (31) und zugehöriger Prüfeinrichtung (27) justiert und vermessen werden. Sie lässt sich im Kollisionsfall schnell gegen die beschädigte Einrichtung auswechseln, wobei vom Bediener dann nur die geänderten TCP-Koordinaten, die auf der Austauschereinrichtung vermerkt sind, in die Robotersteuerung zur Korrektur der Bahnwerte eingegeben wird. Der Messbetrieb kann dann gleich wieder aufgenommen

werden. Die Unterbrechung des Messbetriebes dauert hierdurch nur sehr kurze Zeit.

Die Justierung der Prüfeinrichtung (27) und die  
5 Überprüfung von Soll- und Ist-Lage des Arbeitspunktes (28) kann an einer am Messroboter (6) montierten optischen Messeinrichtung (10) durchgeführt werden. Alternativ kann die optische Messeinrichtung (10) für die Justierung und Überprüfung auch vom Messroboter (6) abgebaut werden.

10 In einer anderen nicht dargestellten Bauvariante ist die Stelleinrichtung (35) der optischen Messeinrichtung (10) zugeordnet. Hierdurch lässt sich die Messeinrichtung (10) in den genannten Stellachsen (39,40,41) verschieben und  
15 fixieren. Der Halter (32) mit dem Längs- und Querarm (37,38) und der Musterplatte (34) mit dem Referenzmuster (33) kann in diesem Fall starr ausgebildet sein. Das Referenzmuster (33) gibt die Soll-Position des Arbeitspunktes (28) und die TCP-Koordinaten fest vor. Über  
20 die Stelleinrichtung (35) wird dann die optische Messeinrichtung (10) auf die vorgegebene Lage des Arbeitspunktes (28) eingestellt, wobei Soll- und Ist-Position des Arbeitspunktes (28) zur Deckung gebracht werden. Bei dieser Bauform ist bei der Überprüfung des  
25 Arbeitspunktes (28) zugleich eine Kalibrierung und Justierung möglich. Eine gesonderte Vermessung der optischen Messeinrichtung (10) mit dem Gestell (31) und der Prüfeinrichtung (27) ist in diesem Fall entbehrlich. Sobald die Soll- und Ist-Position des Arbeitspunktes (28)  
30 zur Deckung gebracht sind, liegen auch die hierfür vorab ermittelten TCP-Koordinaten fest. Diese Kalibrierung oder Justierung kann in der Einbaulage am Messroboter (6) durchgeführt werden. Eine separate Vermessung auf einer  
35 Koordinatenmessmaschine ist dabei entbehrlich.

Der zweite Kalibrierschritt betrifft den Messroboter (6) und eine Kompensation seiner relativen Achsenfehler (z.B. Denavit-Hartenberg Parameter). Die Achskalibrierung des Messroboters (6) wird mit Hilfe des Kalibrierkörpers (15) durchgeführt, der in Figur 2 bis 6 in größerer Detaillierung dargestellt ist.

Der Kalibrierkörper (15) ist z.B. als Kalibriertisch ausgebildet und besteht aus einer Trägerplatte (25) oder einem anderen beliebigen Tragkörper mit mindestens einer ebenen Fläche, an der die nachfolgend näher erläuterten Messmarken (21) angeordnet sind. Die Trägerplatte (25) ist mittels eines Gestells (26), z.B. einer Tragsäule ortsfest positionierbar angeordnet. Der fest positionierte Kalibrierkörper (15) wird mit Bezug auf das maßgebliche Koordinatensystem der Messstation, vorzugsweise das World-Koordinatensystem oder das Basis-Koordinatensystem des Messroboters (6) in geeigneter Weise vermessen, so dass die Messmarken (21) eine bekannte und sehr genau bestimmbare Position in diesem Koordinatensystem haben.

Der Kalibrierkörper (15) hat auf der Oberfläche der Trägerplatte (25) mehrere Messmarken (21), die liegend und/oder stehend angeordnet sein können. Die Messmarken (21) bilden Messpunkte (24), die der Messroboter (6) mit dem 3D-Sensor (10) mit unterschiedlichen Orientierungen seiner Achsen und Bauteile anfährt und vermisst. An jeweils einer Messmarke (21) können daher mehrere Messungen mit unterschiedlichen Roboterorientierungen durchgeführt werden. Dementsprechend ergeben sich aus einer Messmarke (21) mehrere Messpunkte (24). Vorzugsweise werden für eine Kalibrierung dreißig oder mehr Messpunkte (24) am Kalibrierkörper (15) aufgenommen.

Zumindest ein Teil der Messmarken (21), vorzugsweise alle Messmarken (21), haben eine rotationssymmetrische ebene Kontur. Die Messmarken (21) können z.B. als kreisförmige

dünne Plättchen oder als kreisförmige Öffnungen ausgebildet sein. Sie haben eine für den 3D-Sensor (10) erkennbare andere Farbe oder Helligkeit gegenüber der Umgebung. Sie sind insbesondere so gestaltet  
5 beziehungsweise angeordnet, dass der 3D-Sensor (10) die rotationssymmetrischen Ränder der Messmarken (21) sicher gegenüber der Umgebung optisch erfassen und in ihrer Position und Ausrichtung vermessen kann.

10 Beim Anfahren und Vermessen der Messmarken (21) bewegt der Messroboter (6) den 3D-Sensor (10) in Soll-Positionen mit Soll-Ausrichtungen gegenüber der bekannten Position und Ausrichtung der angefahrenen Messmarke (21). Die Messmarken (21) erscheinen dabei aus allen Blickrichtungen  
15 des 3D-Sensors (10) stets in gleicher Lage mit gleicher Form und Größe. Als kreisrunde ebene Marken haben sie den Vorteil, dass sie vom Messwerkzeug (10) aus jeder Orientierung heraus als Kreise oder Ellipsen erkannt werden, wobei der Mittelpunkt ohne größeren Aufwand  
20 erfasst und berechnet werden kann.

Wenn der Messroboter (6) durch Positionierfehler in seinen Achsen, durch thermisch bedingte Längenänderungen seiner Bauteile oder aus anderen Fehlergründen die Messmarke (21)  
25 nicht an der erwarteten Position findet, sondern an einer anderen Stelle, lässt sich aus dem Versatz anhand bekannter Kalibrier-Algorithmen der Positionierfehler errechnen. Aus einer Vielzahl solcher Mess- und Rechenvorgänge können dann die vorhandenen  
30 Positionierfehler des Messroboters (6) erfasst und dem Messroboter (6) unter entsprechender Korrektur seiner Maschinendaten kompensiert werden.

Im Ausführungsbeispiel von Figur 3 und 4 ist ein Teil der  
35 Messmarken (21) an vorzugsweise senkrecht auf der Plattenoberfläche stehenden Markenhaltern (23) angeordnet, die in geeigneter Weise auf einer relativ dünnen

Trägerplatte (25) befestigt sind. Die Befestigung kann durch Kleben oder auf andere geeignete Weise erfolgen. Die liegenden Messmarken (21) können direkt auf der Trägerplatte (25) als Plättchen oder als Bohrungen angebracht sein. Sie können sich aber auch in der gezeigten Ausführungsform auf liegenden Markenhaltern (22) befinden. Die Messmarken (21) haben vorzugsweise untereinander die gleiche Form und Größe. Vorzugsweise ist an jedem Markenhalter (22,23) eine Messmarke (21) angebracht.

Die Messmarken (21) beziehungsweise ihre Markenhalter (22,23) sind am Rand beziehungsweise Umfang der Trägerplatte (25) verteilt und mit gegenseitigem Abstand angeordnet. Die Verteilung kann im wesentlichen regelmäßig sein, wobei allerdings die Abstände teilweise differieren können. Die Anordnung der Messmarken (21) ist vorzugsweise so getroffen, dass die Messmarken (21) abwechselnd eine unterschiedliche Orientierung aufweisen. Hierbei wechseln sich in Umfangsrichtung stehende und liegende Messmarken (21) vorzugsweise ab. Die stehenden Messmarken (21) sind zudem vorzugsweise an unterschiedlichen Seiten ihrer Markenhalter (23) angeordnet. Die stehenden Markenhalter (23) sind zueinander jeweils um 90° verdreht. Die stehenden Messmarken (21) weisen vorzugsweise alle nach außen, können aber auch anders orientiert sein.

Figur 5 und 6 zeigen eine Variante des Kalibrierkörpers (15). Dieser besteht aus einer dickeren Trägerplatte (25), auf deren Deck- und Seitenflächen die Messmarken (21) direkt angebracht sind. Die Trägerplatte (25) ist aus einem geeigneten formbeständigen Material, z.B. aus einer verzugsfesten Metalllegierung gefertigt. Vorzugsweise haben die Messmarken (21) die Form von kreisrunden flachen Öffnungen oder Vertiefungen, die beispielsweise eingefräst sind. Der Boden der Vertiefung kann eben sein. Alternativ können die Messmarken (21) auch aus Plättchen,

Farbmarkierungen oder dgl. bestehen. Die Vertiefungen beziehungsweise Messmarken (21) können in der gleichen Weise wie im Ausführungsbeispiel von Figur 3 und 4 angeordnet und verteilt sein.

5

Der Kalibrierkörper (15) hat für die gewünschte Fehlerzuordnung und die gezeigte Roboterkinematik wenigstens drei Messmarken (21) oder Messpunkte (24). Für eine Roboterkinematik mit weniger Freiheitsgraden können auch weniger Messmarken (21) bzw. Messpunkte (24) genügen. In der bevorzugten Ausführungsform sind für den gezeigten Messroboter (6) in einer optimierten Ausgestaltung acht oder mehr Messmarken (21) bzw. Messpunkte (24) mit unterschiedlicher Position und Orientierung vorhanden. Deren Zahl kann auch größer als acht sein.

10

15

Der Kalibrierkörper (15) bzw. seine Trägerplatte (25) hat eine vergleichsweise geringe Ausdehnung und besitzt in der gezeigten und bevorzugten Ausführungsform mit der im wesentlichen quadratischen Plattenform eine Kantenlänge von ca. 500 - 600 mm. Mit seinem Säulenfuß baut der Kalibrierkörper (15) dadurch so klein, dass er innerhalb der Messstation an beliebig geeigneten Stellen im Arbeitsbereich des Messroboters (6) untergebracht werden kann. Dabei können innerhalb der Messstation (1) auch mehrere solcher Kalibrierkörper (15) vorhanden sein. Dies gilt insbesondere, wenn der Messroboter (6) ein oder mehrere zusätzliche translatorische Verfahrachsen (9) besitzt.

20

25

30

Der dritte Kalibrierschritt betrifft die Zuordnung des Messroboters (6) und der optischen Messeinrichtung (10) zum Werkstück (2). Diese Zuordnung kann sich aus verschiedenen Gründen verändern. Zum einen ist eine Veränderung über die zusätzliche Fahrachse (9) gegeben. Darüber hinaus kann aber auch ein stationär angeordneter Messroboter (6) durch Setzungen an seinem Fundament oder

35



aus anderen Gründen die richtige Zuordnung zum Werkstück (2) verlieren. Für diesen dritten Kalibrierschritt wird die nachfolgend näher beschriebene Kalibriereinrichtung (12) eingesetzt.

5

In der Messstation (1) sind in der Nähe der Messpunkte (11) oder der Messräume am Werkstück (2) mehrere Kalibriermarken (13) angeordnet. Sie befinden sich seitlich neben oder unter dem Werkstück (2).

10

Kalibriermarken (13) können auch am Werkstück (2) selbst angebracht sein und definieren z.B. vorgegebene sogenannte Referenz-Positions-System-Punkte (RPS) am Werkstück (2). Dies können z.B. Bezugsbohrungen an der Fahrzeugrohkarosserie sein.

15

Die Kalibriermarken (13) sind Bestandteil der Kalibriereinrichtung (12), die ferner mehrere in genau bekannten Positionen stationär angeordnete Markenträger (14) mit jeweils drei Kalibriermarken (13) aufweisen kann.

20

Die Markenträger (14) haben beispielsweise eine Winkelform, wobei die Kalibriermarken (13) im Eckbereich und an den Schenkelenden angeordnet sind. Alternativ können die Markenträger (14) auch eine T-Form mit drei Kalibriermarken (13) an den Schenkelenden oder eine

25

einfache Balkenform mit zwei Kalibriermarken (13) aufweisen. Die Kalibriermarken (13) können in gleicher oder in unterschiedlicher Höhe an den Markenträgern (14) angeordnet sein.

30

Außerdem können ein oder mehrere Kalibriermarken (13) am Werkstückträger (5) oder der Werkzeuggrundplatte angeordnet sein. Wie Figur 1 verdeutlicht, ist z.B. eine Kalibriermarke (13) an einer Querstrebe des Skids befestigt. Auch diese Kalibriermarke (13) befindet sich in räumlicher Nähe zu ein oder mehreren Messpunkten (11) an der Fahrzeugkarosserie (2).

35

Die Kalibriermarken (13) können in gleicher Weise wie die vorbeschriebenen Messmarken (21) am Kalibrierkörper (15) ausgebildet sein und haben ebenfalls vorzugsweise eine kreisrunde Form oder Kontur. Sie bestehen aus Öffnungen in den Markenträgern (14) beziehungsweise dem Werkstückträger (5) oder aus aufgebracht kreisrunden Blättchen.

Alternativ kann es sich auch um Farbmarken oder dergleichen handeln. Die Kalibriermarken (13) sind optisch erfassbare Marken.

Alternativ können die Kalibriermarken (13) je nach Art des Messwerkzeugs (10) auch in beliebig anderer Weise ausgebildet sein. In Figur 1 sind sie außerdem nur zum Teil dargestellt. Auf der anderen Karoserieseite, d.h. in +y-Richtung sowie in +z-Richtung verschoben können sich ähnliche Kalibriermarken (13) befinden.

Der Messroboter (6) führt eine absolute Vermessung an den Messpunkten (11) durch. Mit den Kalibriermarken (13) kann durch eine Verkleinerung des Arbeitsraumes auf kleinere Teilarbeitsräume (18) die absolute Positionier- und Messgenauigkeit des Messroboters verbessert, kontrolliert und gesichert werden. Durch ihre bekannte Position und ihre Nähe zu den Messpunkten (11) des Werkstücks (2) können die beim Messroboter (6) im Bewegungs- und Auslegerbereich bis zu den Kalibriermarken (13) eventuell auftretenden Positionierfehler erkannt und kompensiert werden. In dem verbleibenden kleinen Restweg von den Kalibriermarken (13) bis zu den Messpunkten (11) ist ein eventuell auftretender Fehler minimal.

An den Kalibriermarken wird außerdem ein vorzugsweise kartesisches Messkoordinatensystem (17) aufgespannt, in dem die Messungen innerhalb des zugehörigen Teilarbeitsraums (18) durchgeführt werden. Durch die bekannte absolute Lage der Kalibriermarken (13) und des Messkoordinatensystems (17) ist eine einfache

Koordinatentransformation der gemessenen  
Messpunkt-Koordinaten in das Fahrzeug-Koordinatensystem  
(3) oder ein anderes gewünschtes Koordinatensystem  
möglich.

5

Der Messroboter (6) fährt für die Kalibrierung die  
Kalibriermarken am Kalibrierkörper (15) an, vermisst  
diese, berechnet daraus eventuelle Positionierfehler, und  
kompensiert diese in den Maschinendaten über geeignete  
10 Rechen- und Steuerprogramme in der Robotersteuerung  
(globale Kompensation der Positionierfehler des Roboters).

15

Bei der lokalen Kompensation, die der zusätzlichen  
Verbesserung der absoluten Positioniergenauigkeit dient,  
fährt der Messroboter (6) mit seinem Messwerkzeug (10)  
einen oder mehrere, vorzugsweise alle Markenträger (14)  
des Teilarbeitsraumes an und vermisst mindestens drei dort  
befindliche Kalibriermarken (13). Der Messroboter (6) wird  
dabei kalibriert und "eingenußt". Bei der Kalibrierung  
20 werden seine in der Robotersteuerung für die  
Kalibriermarken (13) ermittelten Sollkoordinaten mit den  
aus der Vermessung bekannten Ortskoordinaten der  
Kalibriermarken (13) überschrieben.

25

Je drei Kalibriermarken (13) spannen das lokale  
Messkoordinatensystem (17) auf. Der Kalibriervorgang kann  
auch während des Serien-Messbetriebs ein- oder mehrmals  
wiederholt werden. Dabei werden während des Betriebs  
eventuell auftretende Einflüsse absoluter Fehler entdeckt  
30 und kompensiert, z.B. durch Verschleiß hervorgerufene  
Änderungen der Roboterbauteile.

35

Der Arbeits- und Messbereich des oder der Messroboter (6)  
kann einerseits über die Fahrachse(n) (9) und andererseits  
über eine Verschiebebewegung des Werkstückträgers (5) mit  
dem Werkstück (2) vergrößert werden. Wenn eine solche  
Relativbewegung zwischen Messroboter (6) und Werkstück (2)

- stattfindet, wird nach Ende der Bewegung und vor Aufnahme der Vermessungsarbeiten eine Kalibrierung durchgeführt. Wenn der Messroboter (6) sich entlang seiner Fahrachse(n) (9) bewegt, kalibriert er sich an ein oder mehreren stationären Markenträgern (14) und deren Kalibriermarken (13). Wenn das Werkstück (2) sich bewegt, findet die Kalibrierung über ein oder mehrere Kalibriermarken (13) am Werkstückträger (5) statt. Trotz Vergrößerung des Arbeitsraumes durch eine Fahrachse (9) liegt infolge der lokalen Kalibrierung in unmittelbarer Bauteilnähe keine schlechtere Messgenauigkeit vor. Über diese Kalibriermarken (13) am Werkstückträger (5) kann zudem die Position des Werkstücks (2) beziehungsweise des Werkstückträgers (5) aufgenommen und für die Vermessung der Messpunkte (11) herangezogen werden. Auf diese Weise erfolgt eine exakte Bestimmung der aktuellen Bauteillage in Bezug auf das World- bzw. Roboterbasis-Koordinatensystem.
- Abwandlungen der gezeigten Ausführungsform sind in verschiedener Weise möglich. Zum einen können die Ausbildung und Zahl der Werkstücke (2) und deren Transport variieren. Veränderlich sind zudem Zahl und Ausbildung der Manipulatoren (6) beziehungsweise Messroboter. Der Manipulator (6) kann statt als mehrachsiger Industrie-Gelenkroboter auch als einfache Bewegungsmaschine, z.B. als Kreuzschlitten oder dergleichen, ausgestaltet sein.
- Auch die optische Messeinrichtung (10) kann eine andere Ausbildung und auch eine andere Zahl und Orientierung ihrer optischen Messachsen haben. Dementsprechend ändern sich die Stellachsen (39,40,41) der Stelleinrichtung (35). Vorzugsweise stimmen die Stellachsen und die optischen Messachsen in Zahl und Ausrichtung überein. Die Stelleinrichtung (35) kann alternativ aber auch mehr oder weniger Stellachsen und eine andere Orientierung ihrer

Stellachsen aufweisen. Variabel ist auch die konstruktive Ausbildung der Stelleinrichtung (35). Gleiches gilt für die konstruktive Gestaltung der Prüfeinrichtung (27) mit dem Halter (32) und den anderen Teilen.

5

Je nach Art der Messpunkte (11) am Werkstück (2) kann zudem die Zahl und Anordnung der Kalibriermarken (13) beziehungsweise der Markenträger (14) variieren.

10

Veränderlich ist auch die Form der Markenträger (14) und der Kalibriermarken (13) sowie der Messmarken (21).

15

Variabel ist zudem die Ausbildung des Tragkörpers bzw. der Trägerplatte (25) sowie die Gestaltung der Markenhalter (22,23). Veränderbar ist auch die Positionierung und Orientierung der Messmarken (21) bzw. ihrer Markenhalter (22,23) am Kalibrierkörper (15). Auch die Abmessungen können verschieden sein.

20

25

30

35

## BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Bearbeitungsstation, Messstation
	2	Werkstück, Fahrzeugkarosserie
5	3	Fahrzeug-Koordinatensystem
	4	Transferlinie, Längsachse
	5	Werkstückträger, Skid
	6	Manipulator, Messroboter
	7	Roboterhand
10	8	Lineareinheit
	9	Fahrachse
	10	optische Messeinrichtung, 3D-Sensor
	11	Messpunkt
	12	Kalibriereinrichtung
15	13	Kalibriermarke
	14	Markenträger
	15	Kalibrierkörper, Messkörper, Messplatte
	16	World-Koordinatensystem
	17	Messkoordinatensystem
20	18	Teilarbeitsraum
	19	Sensorstrahl, Messrichtung
	20	Steuerung
	21	Messmarke, Kalibriermarke
	22	Markenhalter, liegend
25	23	Markenhalter, stehend
	24	Messpunkt
	25	Trägerplatte
	26	Gestell
	27	Prüfeinrichtung, Kalibriereinrichtung
30	28	Arbeitspunkt, Tool-Center-Point, TCP
	29	Adapterflansch
	30	Anschlussplatte
	31	Gestell Messeinrichtung
	32	Halter
35	33	Referenzmuster, Bohrung
	34	Musterplatte
	35	Stelleinrichtung

- 27 -

- 36 Befestigung  
37 Längsarm  
38 Querarm  
39 Stellachse x-Achse  
5 40 Stellachse y-Achse  
41 Stellachse z-Achse  
42 Stellschlitten  
43 Führung  
44 Fixiereinrichtung, Spannschraube  
10 45 Leitungshalter  
46 Gehäuse  
47 Vorrichtung zur mehrstufigen Kalibrierung

15

20

25

30

35

## PATENTANSPRÜCHE

- 1.) Verfahren zum Kalibrieren von Manipulatoren (6) und mitgeführten optischen Messeinrichtungen (10), insbesondere von mehrachsigen Messrobotern mit 3D-Sensoren, innerhalb einer Messstation (1) für Werkstücke (2), insbesondere für Fahrzeuggrohkarosserien, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibrierung in einer Messkaskade mit mindestens drei Kalibrierschritten erfolgt, wobei nacheinander die optische Messeinrichtung (10) mit ihrem Arbeitspunkt (28), der Manipulator (6) mit seinen Achsen und dann die Zuordnung des Manipulators (6) zum Werkstück (2) kalibriert werden.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Messeinrichtung (10) mit ihrem Arbeitspunkt (28) am Manipulator (6) mittels einer genau positionierbaren Prüfeinrichtung (27) mit einem Referenzmuster (33) kalibriert wird, welches im Bereich des Arbeitspunkts (28) temporär positioniert und durch eine Relativbewegung gegenüber der optischen Messeinrichtung (10) mit dem Arbeitspunkt (28) zur Deckung gebracht wird, wonach das Referenzmuster (33) zur Ermittlung der Orts-Koordinaten des Arbeitspunktes (28) vermessen wird.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Nachkalibrieren der optischen Messeinrichtung (10) die zugehörige Prüfeinrichtung (27) mit dem in der Soll-Lage des Arbeitspunktes (28) fixierten Referenzmuster (33) in Position gebracht und die Übereinstimmung von Soll- und Ist-Lage überprüft wird, wobei zur Korrektur eventueller Abweichungen



die optische Messeinrichtung (10) nachgestellt wird oder das Referenzmuster (33) nachgestellt und zur Ermittlung der Orts-Koordinaten des Arbeitspunktes (28) erneut vermessen wird.

5

4.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) mit seinen Achsen an einem Kalibrierkörper (15) mit mindestens einer Messmarke (21) mit einer ebenen rotationssymmetrischen Kontur kalibriert wird, wobei die Messmarke (21) mit der optischen Messeinrichtung (10) aus unterschiedlichen Richtungen und mit unterschiedlichen Achsorientierungen des Manipulators (6) angefahren wird.

15

5.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) zur Kalibrierung seiner Zuordnung zum Werkstück (2) mit der optischen Messeinrichtung (10) ein oder mehrere Kalibriermarken (13) am Werkstück (2) und/oder am Werkstückträger (5) und/oder an mindestens einem Markenträger (14) mit bekannter Position anfährt und vermisst.

20

6.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass an den Kalibriermarken (13) ein Messkoordinatensystem (17) aufgespannt wird, in dem die Messungen erfolgen.

25

7.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Kalibrierung im Bereich der Kalibriermarken (13) und im Bereich von Messpunkten (11) am Werkstück Teilarbeitsräume (18) generiert werden.

30

35

- 30 -

- 8.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch  
g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator  
(6) und/oder das Werkstück (2) beim Vermessen im  
normalen Messbetrieb relativ zueinander bewegt  
werden, wobei nach der Bewegung vor der nächsten  
Vermessung eine Kalibrierung des Manipulators (6) an  
den Kalibriermarken (13) durchgeführt wird.
- 9.) Vorrichtung zur mehrstufigen Kalibrierung von  
Manipulatoren (6) und mitgeführten optischen  
Messeinrichtungen (10), insbesondere von  
mehrachsigen Messrobotern mit 3D-Sensoren, innerhalb  
einer Messstation (1) für Werkstücke (2),  
insbesondere für Fahrzeugrohkarosserien, dadurch  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die Vorrichtung  
(47) eine Prüfeinrichtung (27) zur Kalibrierung des  
Arbeitspunktes (28) der optischen Messeinrichtung  
(10), einen Kalibrierkörper (15) zur Kalibrierung  
der Manipulatorachsen und eine Kalibriereinrichtung  
(12) für die Kalibrierung der Zuordnung des  
Manipulators (6) zum Werkstück (2) aufweist.
- 10.) Kalibriereinrichtung nach Anspruch 9, dadurch  
g e k e n n z e i c h n e t, dass die  
Prüfeinrichtung (27) einen Halter (32) zur  
temporären Positionierung eines Referenzmusters (33)  
im Bereich des Arbeitspunktes (28) und eine  
Stelleinrichtung (35) zur ein- oder mehrachsigen  
Relativverstellung zwischen dem Referenzmuster (33)  
und der optischen Messeinrichtung (10) aufweist.
- 11.) Kalibriereinrichtung nach Anspruch 9 oder 10,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Halter  
(32) mit einer lagegenauen Befestigung (36) lösbar  
an einem Gestell (31) der optischen Messeinrichtung  
(10) angeordnet ist.

- 12.) Kalibriereinrichtung nach Anspruch 9, 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Stelleinrichtung (35) mindestens soviele Stellachsen (39,40,41) aufweist, wie die optische Messeinrichtung (10) Messachsen hat, wobei die Stellachsen (39,40,41) den Messachsen entsprechend ausgerichtet sind.
- 13.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Halter (32) eine abgewinkelte Form hat, wobei die Stelleinrichtung (35) ein oder mehrere den Stellachsen (39,40,41) zugeordnete Stellschlitten (42) aufweist
- 14.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzmuster (33) als Bohrung in einer Musterplatte (34) ausgebildet ist
- 15.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Musterplatte (34) als Stellschlitten (42) ausgebildet ist und eine Fixiereinrichtung (44) aufweist
- 16.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Kalibrierkörper (15) in der Nähe des Manipulators (6) angeordnet ist und mindestens eine Messmarke (21) mit einer rotationssymmetrischen ebenen Kontur aufweist.
- 17.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Messmarken (21) als kreisförmige Plättchen oder Öffnungen ausgebildet sind

- 18.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Messmarken (21) an mehreren einzelnen stehenden und/oder liegenden Markenhaltern (22,23) am Kalibrierkörper (15) angeordnet sind und eine abwechselnd unterschiedliche Orientierung aufweisen.
- 19.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibriereinrichtung (12) ein oder mehrere Kalibriermarken (13) an ein oder mehreren ortsfesten mit bekannter Position nahe am Werkstück (2) angeordneten Markenträgern (14) und/oder an einem Werkstückträger (5) und/oder am Werkstück (2) aufweist.
- 20.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Kalibriermarken (13) in einer Gruppe mit definierter räumlicher Distanz zueinander angeordnet sind.
- 21.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Kalibriermarken (13) eine ebene kreisrunde Kontur aufweisen und als Öffnungen, Blättchen oder Farbmarken ausgebildet sind.
- 22.) Kalibriereinrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Manipulator (6) und/oder das Werkstück (2) mit mindestens einer zusätzlichen Fahrachse (9), vorzugsweise auf mindestens einer Lineareinheit (8), beweglich angeordnet sind.

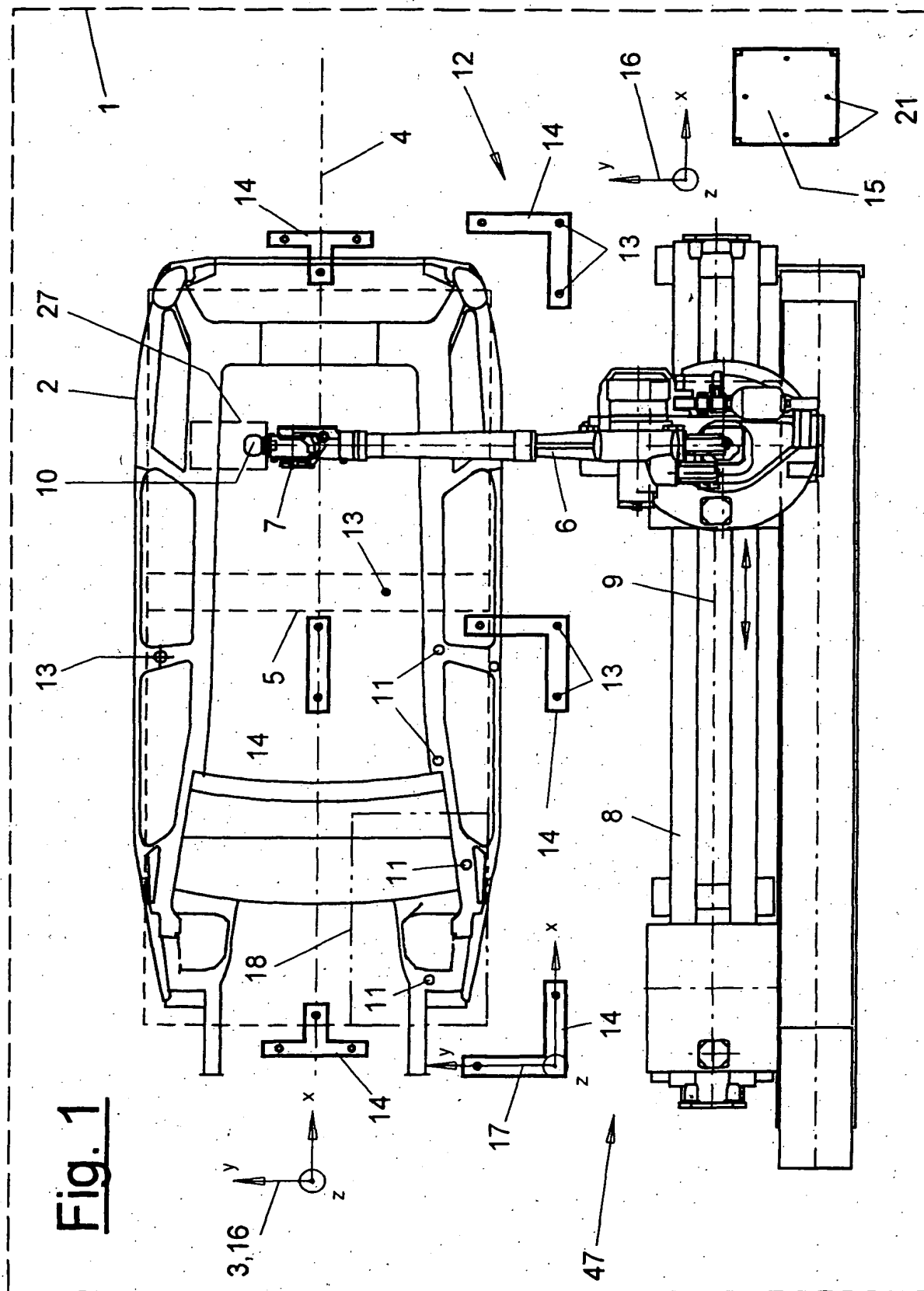


Fig. 2

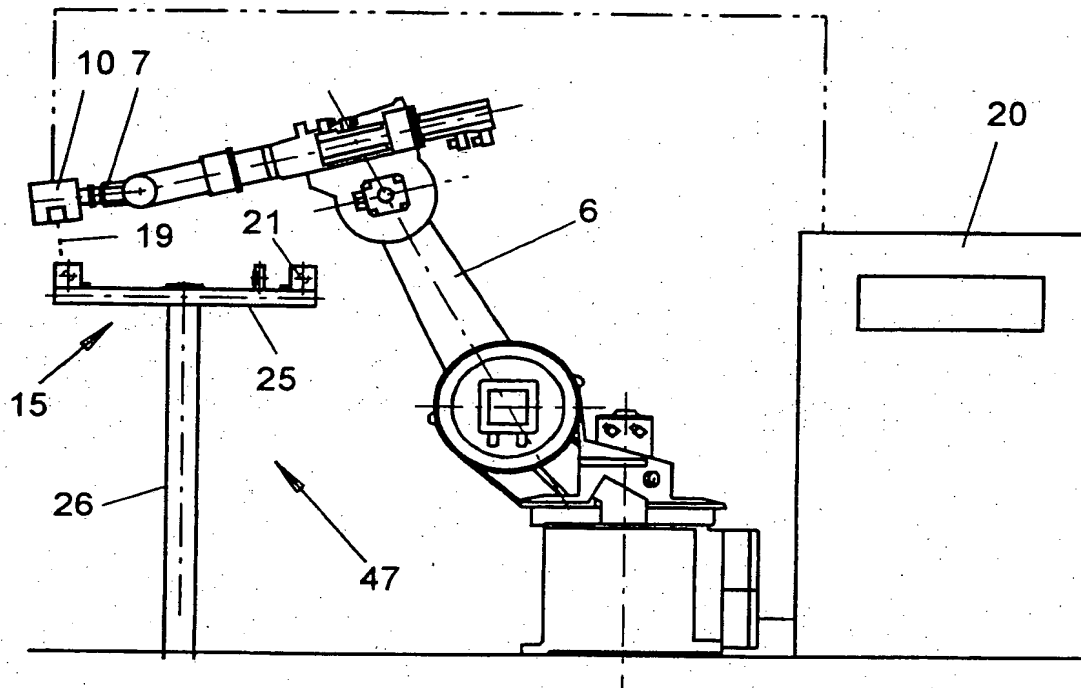


Fig. 3

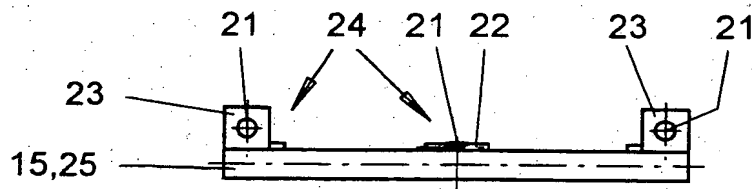
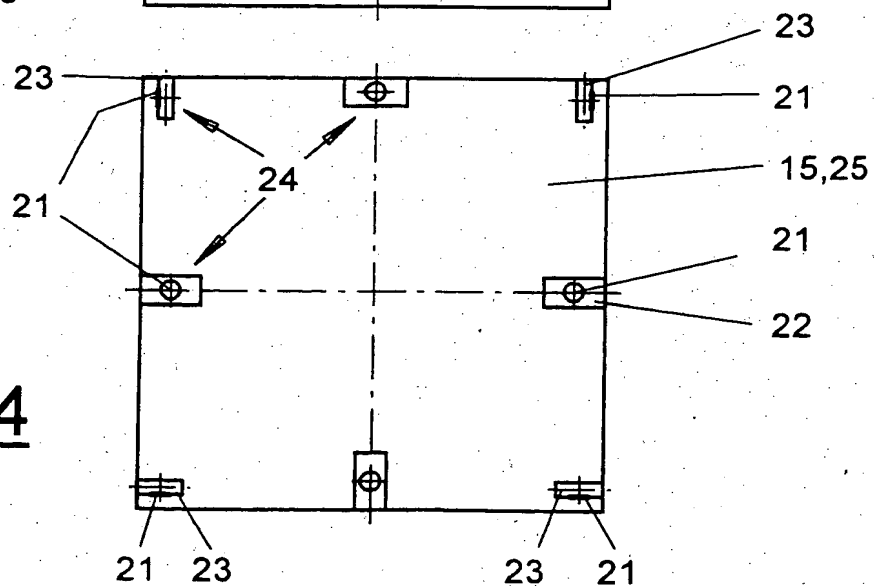


Fig. 4



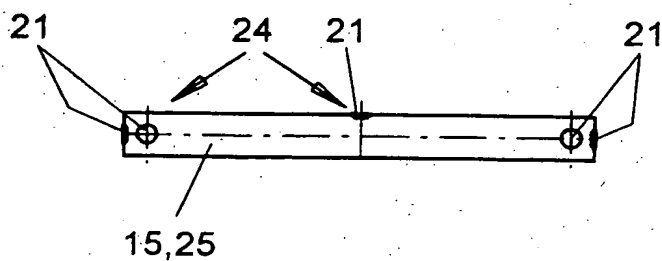


Fig. 5

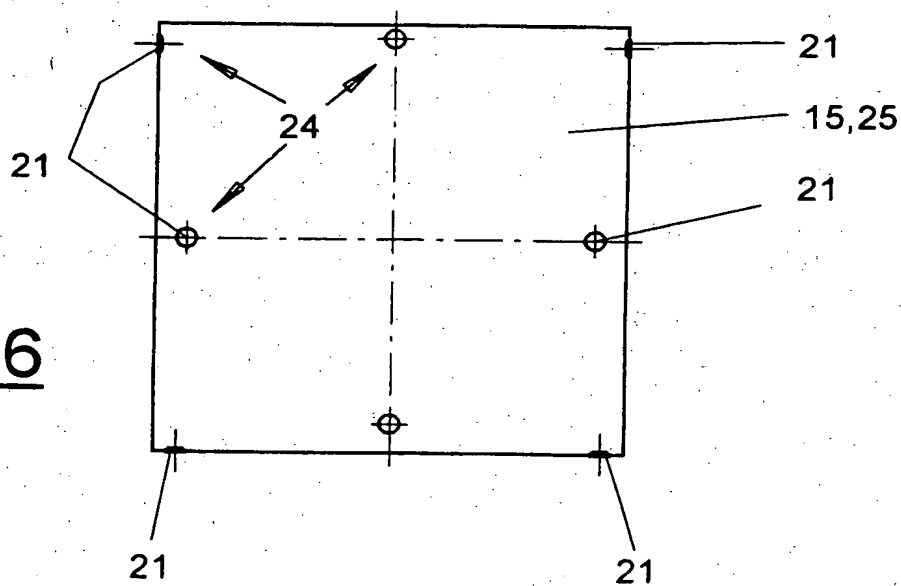
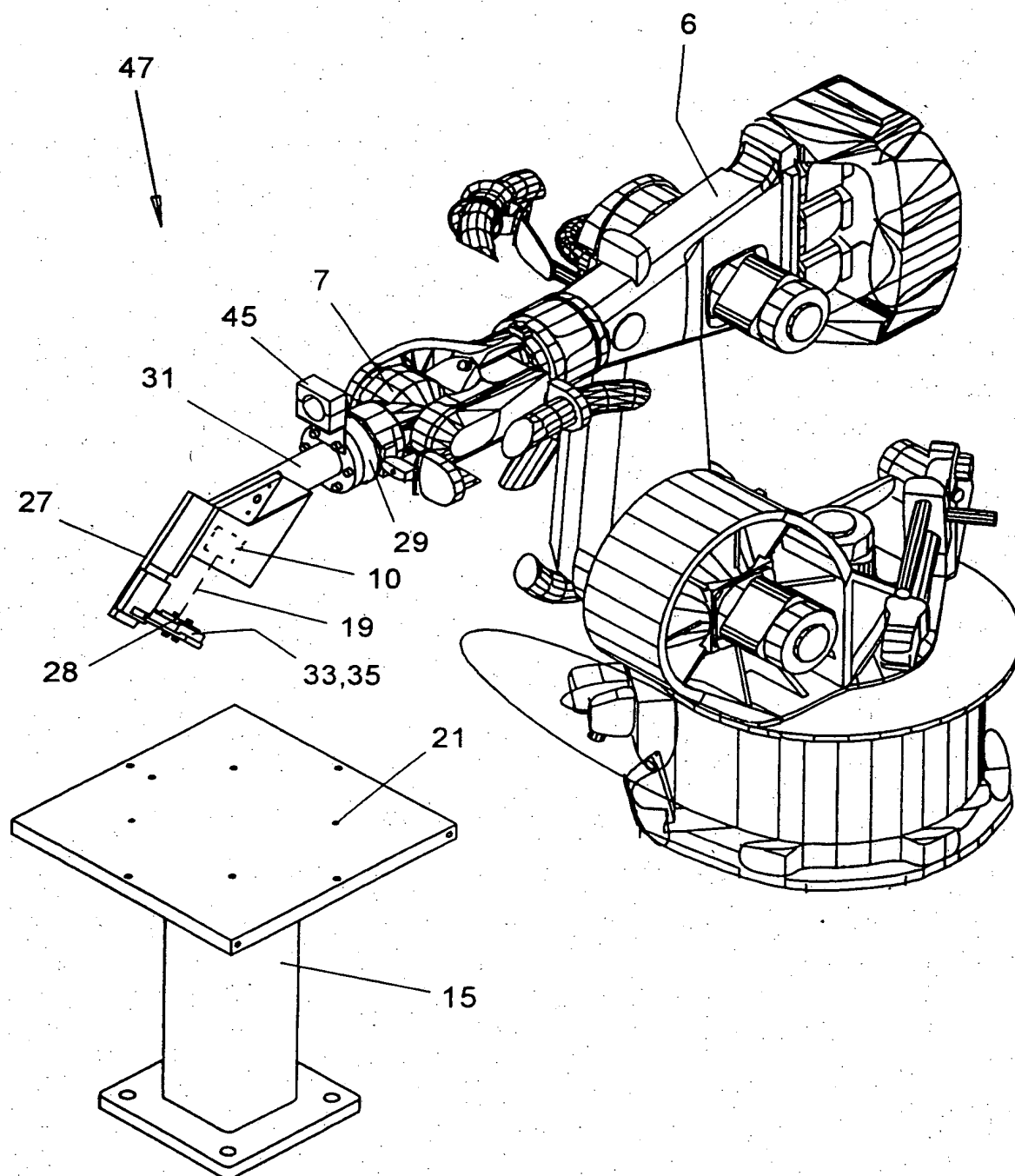


Fig. 6

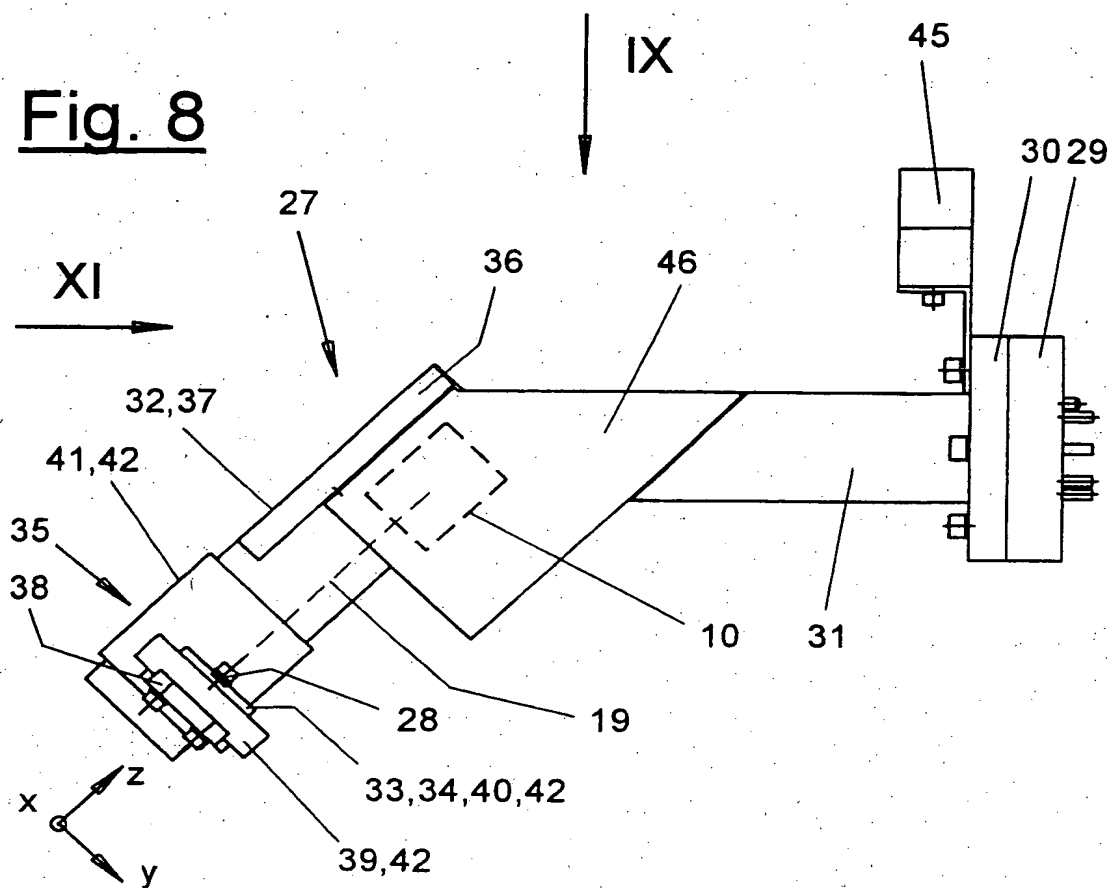
- 4/7 -

Fig. 7

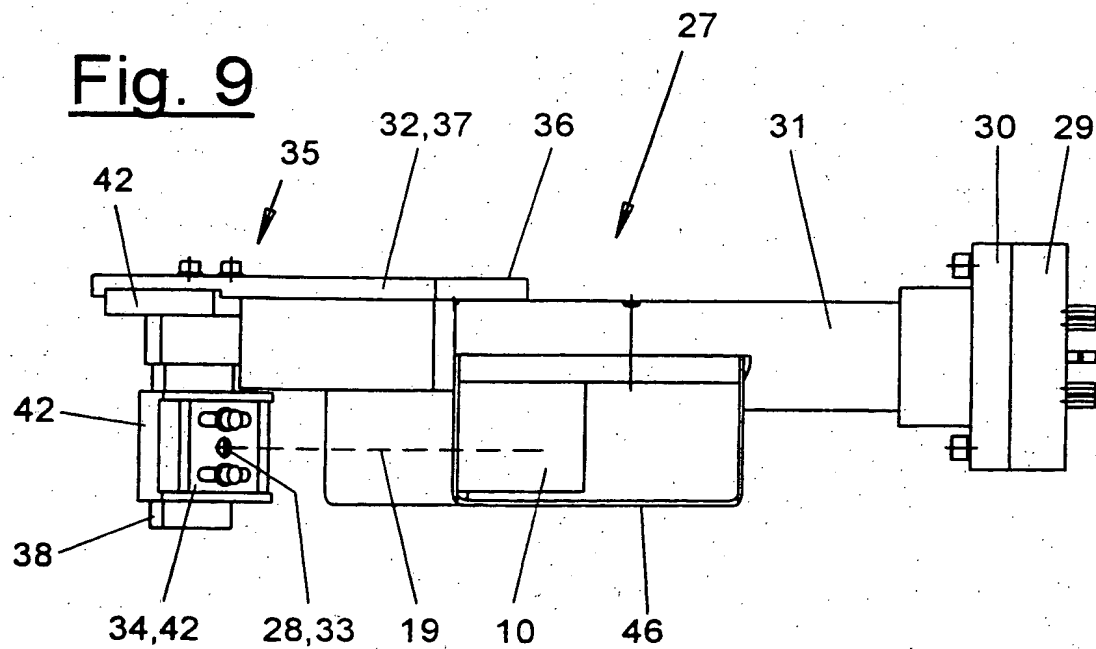


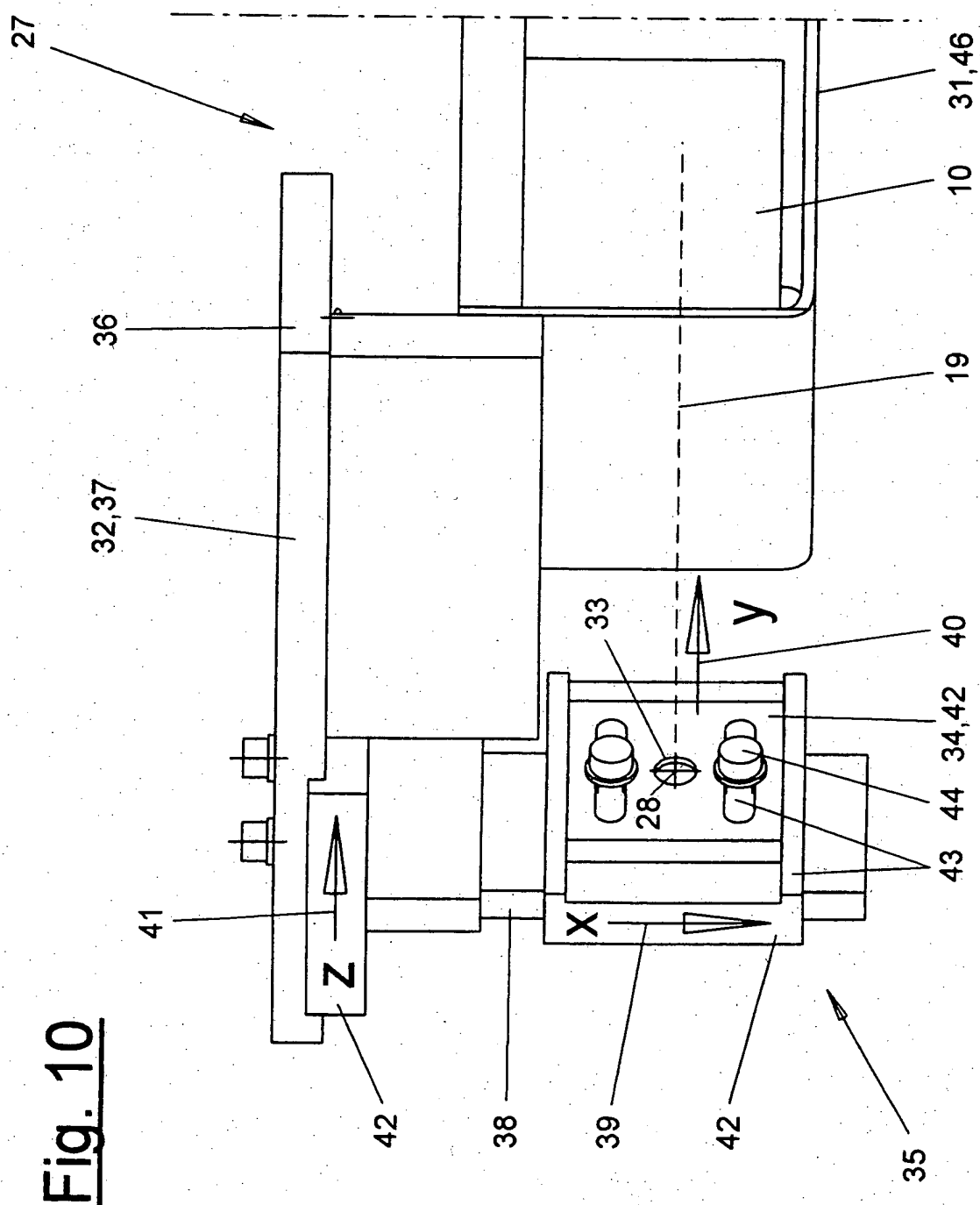
- 5/7 -

**Fig. 8**



**Fig. 9**





- 7/7 -

Fig. 11

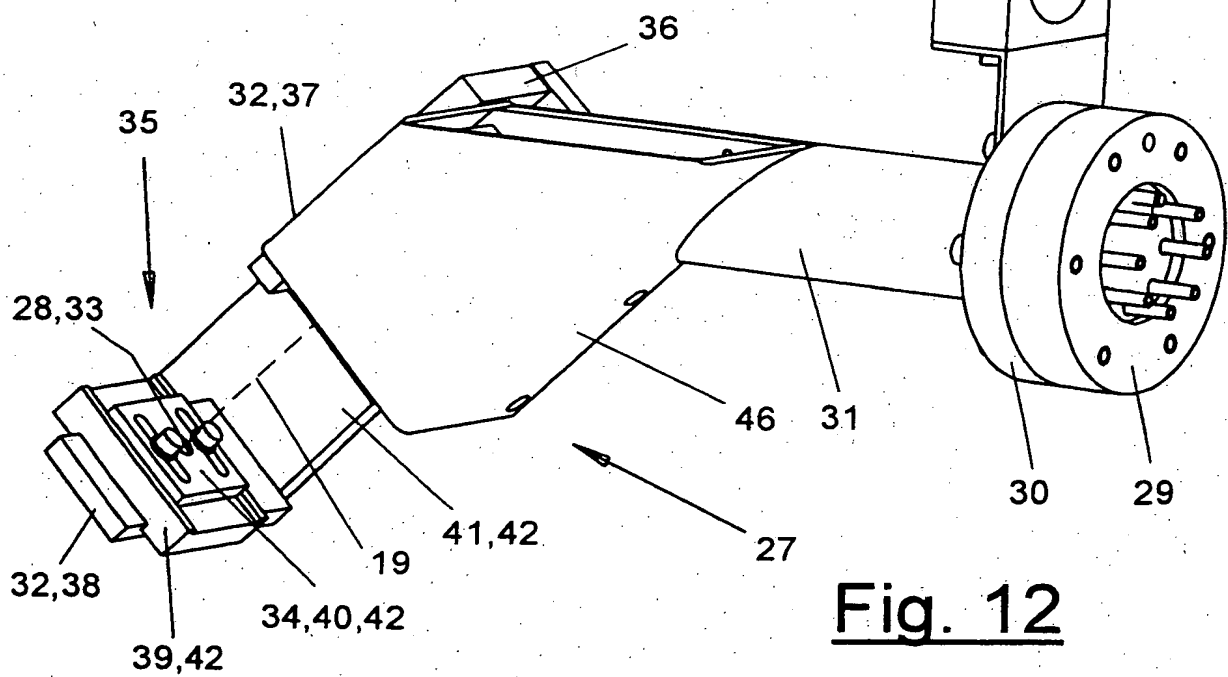
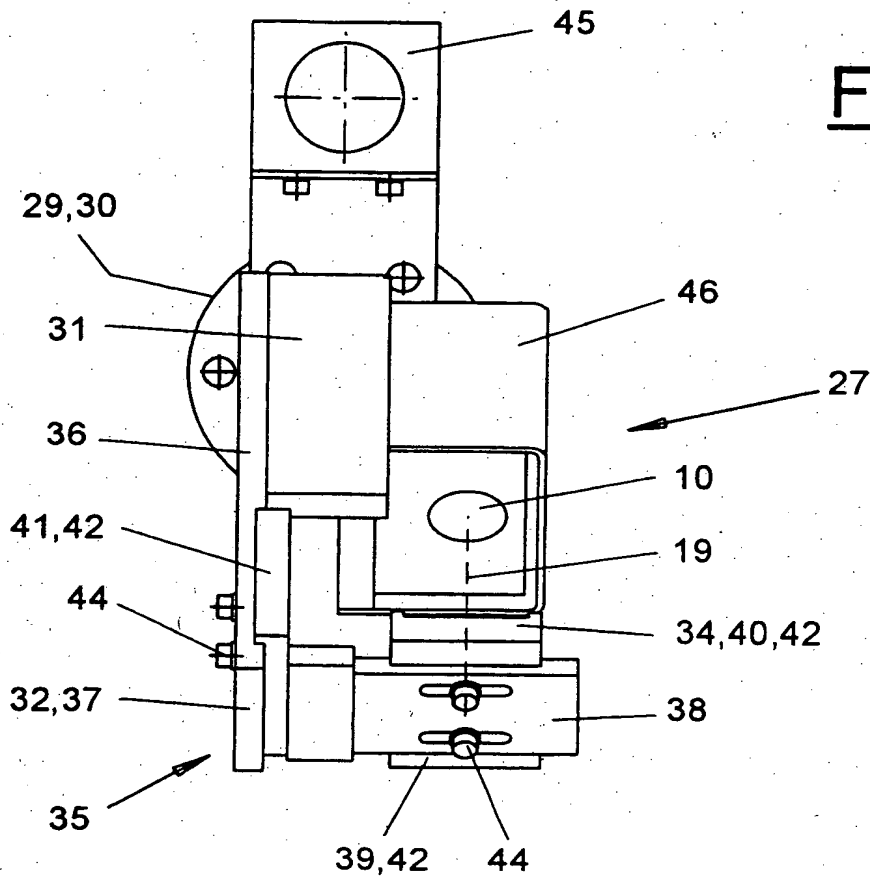


Fig. 12

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/05175

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B25J9/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B25J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>LOOSE D C ET AL: "PPA-A PRECISE, DATA DRIVEN COMPONENT TOOL"</p> <p>IEEE ROBOTICS &amp; AUTOMATION MAGAZINE, US, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ,</p> <p>vol. 1, no. 1, 1 March 1994 (1994-03-01), pages 6-12, XP000457891</p> <p>ISSN: 1070-9932</p> <p>page 6 -page 12</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	1-22

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*B\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 October 2000

Date of mailing of the international search report

25/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo.nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hauser, L

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. l. Application No  
PCT/EP 00/05175

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>TSAI R Y ET AL: "A NEW TECHNIQUE FOR FULLY AUTONOMOUS AND EFFICIENT 3D ROBOTICS HAND/EYE CALIBRATION" IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, US, IEEE INC, NEW YORK, vol. 5, no. 3, 1 June 1989 (1989-06-01), pages 345-358, XP000028733 ISSN: 1042-296X page 345 -page 358</p>	1,9
A	<p>US 5 297 238 A (WANG XUGUANG ET AL) 22 March 1994 (1994-03-22) the whole document</p>	1,9
A	<p>EP 0 763 406 A (ISRA SYSTEMTECHNIK GMBH) 19 March 1997 (1997-03-19) the whole document</p>	1,9
A	<p>US 5 041 907 A (SCHMEHL MICHAEL R ET AL) 20 August 1991 (1991-08-20) the whole document</p>	1,9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/EP 00/05175

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5297238 A	22-03-1994	AU 2567792 A WO 9305479 A	05-04-1993 18-03-1993
EP 0763406 A	19-03-1997	DE 59507847 D ES 2145194 T PT 763406 T	30-03-2000 01-07-2000 31-08-2000
US 5041907 A	20-08-1991	US 5040056 A AU 7251591 A WO 9111885 A	13-08-1991 21-08-1991 08-08-1991

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/05175

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 B25J9/16

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B25J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>LOOSE D C ET AL: "PPA-A PRECISE, DATA DRIVEN COMPONENT TOOL"</p> <p>IEEE ROBOTICS &amp; AUTOMATION MAGAZINE, US, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ,</p> <p>Bd. 1, Nr. 1, 1. März 1994 (1994-03-01),</p> <p>Seiten 6-12, XP000457891</p> <p>ISSN: 1070-9932</p> <p>Seite 6 -Seite 12</p> <p style="text-align: center;">---</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-22

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Oktober 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/10/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hauser, L

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/05175

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>TSAI R Y ET AL: "A NEW TECHNIQUE FOR FULLY AUTONOMOUS AND EFFICIENT 3D ROBOTICS HAND/EYE CALIBRATION"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION,US,IEEE INC, NEW YORK, Bd. 5, Nr. 3, 1. Juni 1989 (1989-06-01), Seiten 345-358, XP000028733</p> <p>ISSN: 1042-296X</p> <p>Seite 345 -Seite 358</p>	1,9
A	<p>US 5 297 238 A (WANG XUGUANG ET AL)</p> <p>22. März 1994 (1994-03-22)</p> <p>das ganze Dokument</p>	1,9
A	<p>EP 0 763 406 A (ISRA SYSTEMTECHNIK GMBH)</p> <p>19. März 1997 (1997-03-19)</p> <p>das ganze Dokument</p>	1,9
A	<p>US 5 041 907 A (SCHMEHL MICHAEL R ET AL)</p> <p>20. August 1991 (1991-08-20)</p> <p>das ganze Dokument</p>	1,9



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/05175

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5297238	A	22-03-1994	AU	2567792 A	05-04-1993
			WO	9305479 A	18-03-1993
EP 0763406	A	19-03-1997	DE	59507847 D	30-03-2000
			ES	2145194 T	01-07-2000
			PT	763406 T	31-08-2000
US 5041907	A	20-08-1991	US	5040056 A	13-08-1991
			AU	7251591 A	21-08-1991
			WO	9111885 A	08-08-1991

